

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

POWERED BY **Dialog**

**Power supply apparatus for electro-discharge machining supplies high energy discharge current pulses to the gap after a predetermined waiting time during which the rate of electrode consumption becomes constant**

**Patent Assignee:** MITSUBISHI DENKI KK; MITSUBISHI ELECTRIC CORP

**Inventors:** YUZAWA T

#### Patent Family

Patent Number	Kind	Date	Application Number	Kind	Date	Week	Type
WO 200132342	A1	20010510	WO 99JP6068	A	19991101	200142	B
TW 458831	A	20011011	TW 99120000	A	19991117	200247	
JP 2001534536	X	20030520	WO 99JP6068	A	19991101	200334	
			JP 2001534536	A	19991101		

**Priority Applications (Number Kind Date):** WO 99JP6068 A ( 19991101)

#### Patent Details

Patent	Kind	Language	Page	Main IPC	Filing Notes
WO 200132342	A1	J	32	B23H-001/02	
Designated States (National): CH DE JP KR US					
TW 458831	A			B23H-001/00	
JP 2001534536	X			B23H-001/02	Based on patent WO 200132342

#### Abstract:

WO 200132342 A1

**NOVELTY** A power supply apparatus for electro-discharge machining is used to machine a workpiece (2) by repeatedly supplying high-peak current pulses of short duration to a gap between an electrode (1) and the workpiece (2).

**DETAILED DESCRIPTION** The power supply apparatus comprises a supplementary power supply (31) for supplying low-peak, low-energy current pulses to the gap before the discharge current pulses are supplied; a main power supply (32) for supplying high-energy discharge current pulses to the gap; means (38) for detecting the discharge produced by the supplementary power supply (31); means (39) for measuring the elapsed time after the means (38) detects the discharge; and control means (42) for allowing the main power supply (32) to supply the high-energy discharge current pulses to the gap after the elapsed time measured by the means (39) exceeds a predetermined waiting time during which the rate of electrode consumption becomes substantially constant. Even if the workpiece (2) is made of hard sinter like cemented carbides, a balance can be achieved between the rate of electrode consumption and the increase in machining speed.

USE Power supply apparatus for electro-discharge machining.

ADVANTAGE A balance can be achieved between the rate of electrode consumption and the increase in machine speed.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) Electrode (1)

Workpiece (2)

Supplementary power supply (31)

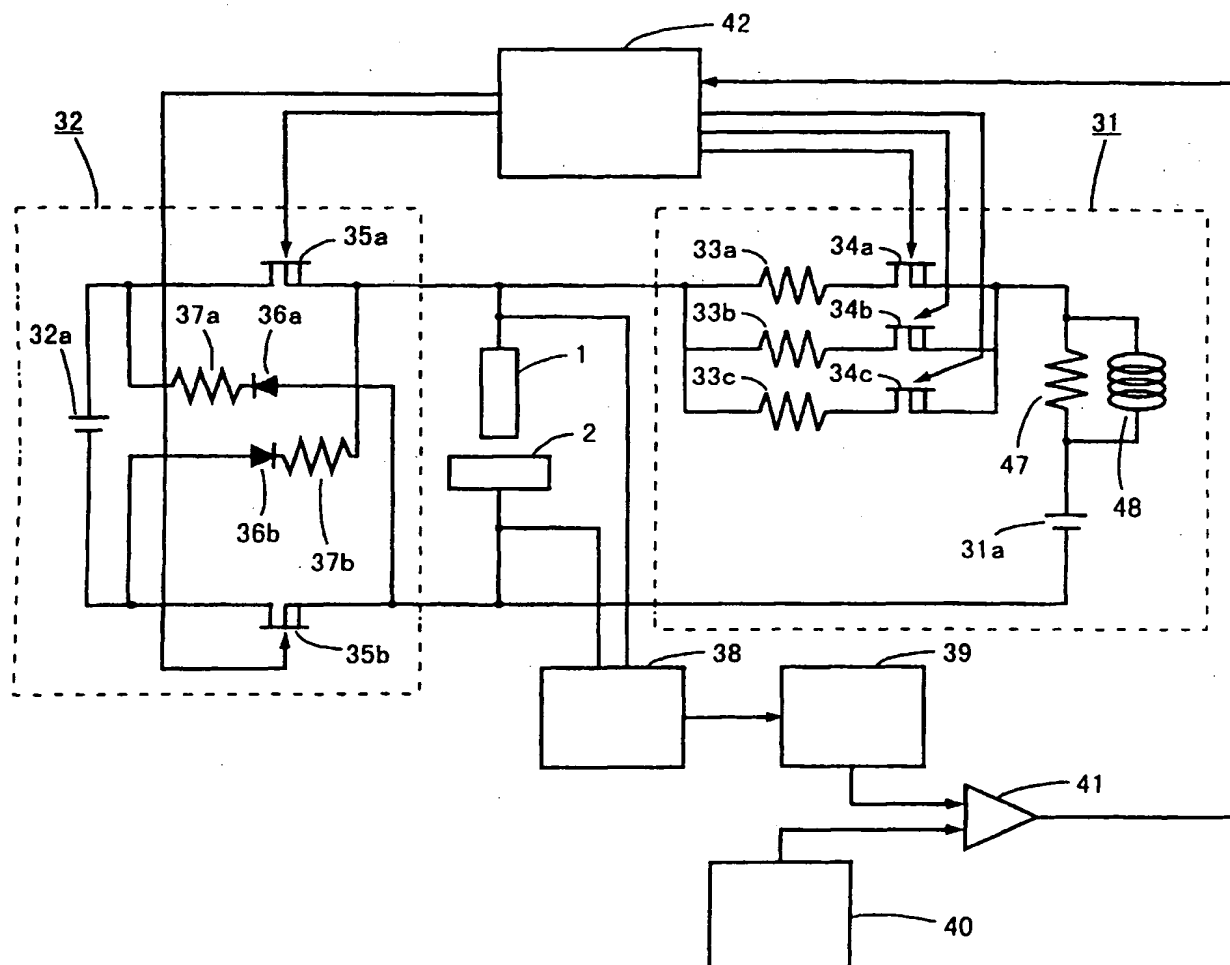
Main power supply (32)

Means (38)

Means (39)

Control means (42)

pp; 32 DwgNo 1/16



Derwent World Patents Index

© 2004 Derwent Information Ltd. All rights reserved.

Dialog® File Number 351 Accession Number 13913443

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001 年 5 月 10 日 (10.05.2001)

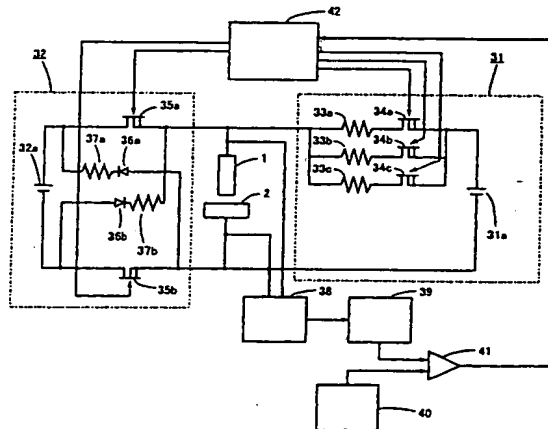
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/32342 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: B23H 1/02 (YUZAWA, Takashi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo
- (21) 国際出願番号: PCT/JP99/06068 (JP).
- (22) 国際出願日: 1999 年 11 月 1 日 (01.11.1999) (74) 代理人: 弁理士 宮田金雄, 外(MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (81) 指定国 (国内): CH, DE, JP, KR, US.
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 湯澤 隆
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: POWER SUPPLY APPARATUS FOR ELECTRO-DISCHARGE MACHINING AND METHOD OF ELECTRO-DISCHARGE MACHINING

(54) 発明の名称: 放電加工用電源装置及び放電加工方法



(57) Abstract: A power supply apparatus for electro-discharge machining is used to machine a workpiece (2) by repeatedly supplying high-peak current pulses of short duration to a gap between an electrode (1) and the workpiece (2). The power supply apparatus comprises a supplementary power supply (31) for supplying low-peak, low-energy current pulses to the gap before the discharge current pulses are supplied; a main power supply (32) for supplying high-energy discharge current pulses to the gap; means (38) for detecting the discharge produced by the supplementary power supply (31); means (39) for measuring the elapsed time after the means (38) detects the discharge; and control means (42) for allowing the main power supply (32) to supply the high-energy discharge current pulses to the gap after the elapsed time measured by the means (39) exceeds a predetermined waiting time during which the rate of electrode consumption becomes substantially constant. Even if the workpiece (2) is made of hard sinter like cemented carbides, a balance can be achieved between the rate of electrode consumption and the increase in machining speed.

[続葉有]



---

(57) 要約:

電極（１）と被加工物（２）との極間に高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルスの供給と休止を繰り返して、被加工物（２）を加工する放電加工に用いる放電加工用電源装置において、前記放電電流パルスの供給前に、前記極間に低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給するための補助電源（３１）と、前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給するための主電源（３２）と、補助電源（３１）による放電発生を検出する放電検出手段（３８）と、検出手段（３８）による放電発生検出後の経過時間を計測するための時間計測手段（３９）と、時間計測手段（３９）による計時が電極消耗率が略一定値に収束する所定の待ち時間経過後、主電源（３２）により前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給させる制御手段（４２）とを備えた。被加工物（２）が超硬合金のような硬度の高い焼結体である場合においても、電極消耗低減と加工速度の向上を両立することができる。

## 明 細 書

## 放電加工用電源装置及び放電加工方法

## 5 技術分野

この発明は、電極と被加工物との極間に加工電力を供給して被加工物の加工を行う放電加工に用いる、放電加工用電源装置及び放電加工方法の改良に関するものである。

## 10 背景技術

電極と被加工物との極間に加工電力を供給して被加工物の加工を行う放電加工に用いる放電加工用電源装置により、電極と被加工物との極間に発生する放電電流波形としては、第 1 2 図に示すような一定電流パルス幅方式による波形が一般的に用いられている。この方式によれば、放電電流パルス幅を一定時間  $T$  にすることができるため、加工特性を均一にすることが可能である。また、このような放電加工用電源装置のパルス発生回路において、放電電流パルスの形状パラメータを変更することにより、放電加工特性を向上することが可能である。

例えば、加工速度を向上させるためには、第 1 2 図に示す放電電流パルスのピーク値  $I_p$  を大きくすればよい。ただし、放電電流パルスのピーク値  $I_p$  を大きくすると、加工面粗さが粗くなり、電極消耗比が増大する。

電極消耗を低減させるためには、放電電流パルス幅  $T$  を大きくすればよい。この場合も、放電電流パルス幅  $T$  の増大に伴い加工面粗さが徐々に増大する。また、加工速度は、放電電流パルス幅が所定の大きさを超えるまでは増大し、放電電流パルス幅が所定の大きさを超えると加工が

不安定となるため低下する。また、第 13 図に示すように、放電電流パルスの立ち上がり部分をスロープ化することにより電極消耗を低減させることも行われている。

5 加工面粗さを向上させるためには、放電電流パルスのピーク値  $I_p$  を小さくするか、放電電流パルス幅  $T$  を小さくする必要がある。前者の場合には、放電電流パルスのピーク値  $I_p$  の減少により加工速度が低下する。また後者の場合には、放電電流パルス幅  $T$  の減少に伴って電極消耗比が増大する。

10 以上のように、放電電流パルス波形によって加工特性は大きく変化するため、所期の加工特性に応じて、放電電流パルスの形状パラメータを適切な値に設定する必要がある。

第 14 図は、日本国特開昭 64-58426 号公報において開示された、従来の放電加工用電源装置の回路構成図であり、図において、1 は電極、2 は被加工物、3 は第 1 のパルス電源回路、4 は第 2 のパルス電源回路、5 は極間電圧を検出することにより放電状態を検出する放電状態検出回路、6 はこの放電状態検出回路 5 の出力信号により第 1 のパルス電源回路 3 及び第 2 のパルス電源回路 4 を制御する制御回路である。また、第 1 のパルス電源回路 3 は、直流電源 7、スイッチング素子 8、抵抗 9、インダクタンス素子 10、パルス制御回路 11 及びダイオード 12、13 により構成され、第 2 のパルス電源回路 4 は、直流電源 14、インダクタンス素子 15、抵抗 16、スイッチング素子 17、パルス制御装置 18 及びダイオード 19、20 から構成されている。

25 第 1 のパルス電源回路 3 は所望の低速立ち上がり電流特性で、電極 1 と被加工物 2 との極間に放電電流を供給し、第 2 のパルス電源回路 4 は、第 1 のパルス電源回路 3 のオフと同時にオン状態となって放電電流を供給開始し、その供給電流に、第 1 のパルス電源回路 3 のオフ後、放出さ



れるインダクタンス素子 15 に蓄えられたエネルギーを合成させることにより、台形状波形の放電電流を極間に与えるものである。このような 2 つのパルス電源回路により、放電電流パルス波形を第 15 図のような立ち上がり特性の緩やかな台形状波形として、電極の消耗を少なくするものである

第 12 図、第 13 図及び第 15 図のような放電電流パルス波形は、一般的に被加工物が鉄系の材料である場合に用いられるが、超硬合金（WC-CO）のような硬度の高い焼結体においても、導電性であれば放電加工を行うことが可能である。ただし、被加工物が鉄系の材料である場合と比較して加工速度は遅く、加工が不安定となりやすいため、加工面にクラック等が頻発し、加工面性状は悪化する。そのため、超硬合金等の焼結体では、例えば第 16 図のような三角波形状の高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルスにより加工を行っている。このような高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルス形状により、高速加工が可能であり、第 12 図、第 13 図及び第 15 図の放電電流パルスと比較して、面对加工速度の向上を図ることができる。しかし、高速加工を行うことができるものの、電極消耗は極めて大きいものとなる。電極消耗を低減させるためには、例えば銅タングステン電極、銀タングステン電極等の使用が行われているが、電極消耗の大幅な低減には至っていない。また、銅タングステン電極、銀タングステン電極等の高価な電極を使用して加工を行う場合には、加工コスト低減のために、電極消耗低減に対する要求が非常に大きい。

このように、高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルスにより超硬合金（WC-CO）等を加工する場合には、電極消耗の低減が大きな課題となっているが、高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルスのため、矩形状のパルスのようにパルス幅を大きくすること、第 13 図のように矩

形状のパルスの立ち上がり部分をスロープ化すること、あるいは、第15図のように放電電流パルスを立ち上がり特性の緩やかな台形状波形とすること等の電極消耗低減のための方法を採用することはできない。

## 5 発明の開示

この発明は前記の課題を解決するためになされたものであり、三角波形状等の高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルスにより超硬合金（WC-CO）等を加工する場合において、電極消耗低減と加工速度の向上とを両立することができる放電加工用電源装置及び放電加工方法を得ることを目的とする。

また、超硬合金等の焼結体において、加工面のクラックの発生を抑制し、加工面性状を良好に仕上げることを目的とする。

この発明に係る放電加工用電源装置は、電極と被加工物との極間に高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスの供給と休止を繰り返して、前記被加工物を加工する放電加工に用いる放電加工用電源装置において、前記放電電流パルスの供給前に、前記極間に低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給するための補助電源と、前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給するための主電源と、前記補助電源による放電発生を検出する放電検出手段と、前記検出手段による放電発生検出後の経過時間を計測するための時間計測手段と、前記時間計測手段による計時が電極消耗率が略一定値に収束する所定の待ち時間経過後、前記主電源により前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給させる制御手段とを備えたものである。

また、前記所定の待ち時間が、放電アーク柱が十分に形成されエネルギー密度が小さい状態となるために十分な時間であるものである。

また、前記高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスが、三角波形状であるものである。

また、前記主電源により前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給すると共に前記補助電源からのエネルギー供給を遮断する制御手段を  
5 備えたものである。

また、放電電流パルス幅を、予め加工条件に合わせて決定した加工面にクラックが発生しない範囲の所定の放電電流パルス幅以下としたものである。

また、前記所定の待ち時間と前記所定の待ち時間と異なる時間とを所  
10 定の周期により切り替え可能な時間設定手段を備えたものである。

この発明に係る放電加工方法は、電極と被加工物との極間に高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスの供給と休止を繰り返して、前記被加工物を加工する放電加工方法において、前記放電電流パルスの供給前に、前記極間に低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給し、  
15 前記低エネルギー放電電流パルスによる放電検出後、電極消耗率が略一定値に収束する所定の待ち時間経過後、前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給するものである。

また、前記所定の待ち時間が、放電アーク柱が十分に形成されエネルギー密度が小さい状態となるために十分な時間であるものである。

また、前記高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスが、三角波形状であるものである。  
20

この発明は、前記のように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。

この発明に係る放電加工用電源装置及び放電加工方法は、被加工物が  
25 超合金のような硬度の高い焼結体である場合においても、電極消耗低減と加工速度の向上を両立することができる。

また、超硬合金等の焼結体において、加工面のクラックの発生を抑制し、加工面性状を良好に仕上げることができる。

また、加工特性を加工速度重視あるいは電極低消耗重視に簡単に変更することができる。

5

#### 図面の簡単な説明

第1図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図である。

第2図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置の放電  
10 検出手段の回路構成の一例を示す図である。

第3図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置の信号の流れを示したタイミングチャート、極間電圧波形及び極間電流波形を示す図である。

第4図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置による  
15 放電電流パルス波形の説明図である。

第5図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置における補助電源投入から主電源投入までの待ち時間を変化させた場合の電極消耗率の変化を示す図である。

第6図は、パルス幅を変化させた場合のクラックの発生の有無の例を示す図である。  
20

第7図は、この発明の実施の形態2に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図である。

第8図は、この発明の実施の形態2に係る放電加工用電源装置による放電電流パルス波形の説明図である。

第9図は、この発明に係る放電加工用電源装置におけるスロープの有無による電極消耗率の比較を示す図である。  
25

第 10 図は、この発明の実施の形態 3 に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図である。

第 11 図は、この発明の実施の形態 3 に係る放電加工用電源装置における待ち時間設定手段により待ち時間の周期を変えた場合の加工速度及び電極消耗率の変化を示す図である。

第 12 図は、従来の一定電流パルス幅方式による放電電流パルス波形を示す図である。

第 13 図は、従来の放電電流パルスの立ち上がり部分のスロープ化の説明図である。

10 第 14 図は、従来の放電加工用電源装置の回路構成図である。

第 15 図は、従来の立ち上がり特性の緩やかな台形状波形の放電電流パルス波形を示す図である。

第 16 図は、従来の三角波形状の高ピークかつ短パルス幅の放電電流パルス波形を示す図である。

15

## 発明を実施するための最良の形態

### 実施の形態 1.

第 1 図は、この発明の実施の形態 1 に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図であり、図において、1 は電極、2 は被加工物、31 は低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給するための補助電源、32 は加工開始後所定時間後により高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスを供給するための主電源、31a 及び 32a は直流電源、33a、33b 及び 33c は補助電源 31 から極間に流れる電流のピーク値を決定するための抵抗、34a、34b 及び 34c は補助電源 31 を制御するためのスイッチング素子、35a 及び 35b は主電源 32 を制御するためのスイッチング素子、36a 及び 36b はダイオード、37a

20

25

及び 37b は抵抗、38 は放電検出手段、39 は時間計測手段、40 は予め設定された待ち時間、41 は比較手段、42 は主電源 32 及び補助電源 31 を制御する制御手段である電源制御回路である。

5 補助電源 31 は、スイッチング素子 34a、34b 及び 34c を選択的にオン・オフすることにより制御される。また、スイッチング素子 34a、34b 及び 34c のスイッチングの制御は、電源制御回路 42 からの信号に基づいて行われる。補助電源 31 による放電電流パルスのピーク値は抵抗 33a、33b 及び 33c によって決定することが可能である。

10 主電源 32 はスイッチング素子 35a 及び 35b をオン・オフすることによって制御される。また、スイッチング素子 35a 及び 35b のスイッチングの制御は、電源制御回路 42 からの信号に基づいて行われる。

補助電源投入から所定時間経過後に、主電源 32 のスイッチング素子 35a 及び 35b がオンになると、電極 1 と被加工物 2 の極間に直流電源 32a が接続され、直流電源 32a から極間にエネルギーが供給される。  
15 この供給エネルギーは時間と共に上昇し、時間に対する電流の増加は回路のインダクタンスにより決定される。その後、所定時間後にスイッチング素子 35a 及び 35b をオフすることにより、極間のエネルギーはダイオード 36a 及び 36b を通って帰還され、抵抗 37a 及び 37b により  
20 エネルギーの消費が行われることにより極間の電流が減少し、三角波が形成される。また、スイッチング素子 35a 及び 35b のオン時間により、主電源投入時の放電電流パルスのピーク値が決定される。

また、極間電圧は放電検出手段 38 によりモニタされており、放電検出信号が時間計測手段 39 へ送信される。比較手段 41 では設定待ち時間 40 と計測時間を比較し、計測時間が設定待ち時間 40 を超えた場合  
25 に、主電源 32 を起動するための信号及び補助電源 31 を停止するため

の信号を電源制御回路 4 2 に出力する。

第 2 図は、放電検出手段 3 8 を実現するための回路構成の一例を示したものである。極間電圧は抵抗 4 3 によって分圧され、電圧比較器 4 4 に送られる。また、基準電圧の設定を行うための抵抗 4 5 により設定された基準電圧も電圧比較器 4 4 に送られる。電圧比較器 4 4 は、極間電圧と基準電圧を比較し、極間電圧が基準電圧を下回った場合に、放電したと認識して放電検出信号 4 6 を出力する。

第 3 図はこの発明の実施の形態 1 に係る放電加工用電源装置の信号の流れを示したタイミングチャート、極間電圧波形及び極間電流波形を示したものである。信号 S は補助電源 3 1 の制御信号、信号 M は主電源 3 2 の制御信号、信号 A は放電検出手段 3 8 からの放電検出信号、信号 B は信号 A と待ち時間に基づいて生成された、主電源 3 2 の待ち時間制御信号、信号 C は待ち時間制御信号 B に基づいて主電源 3 2 の制御信号 M の起動及び、補助電源 3 1 の停止を行うための信号、V は放電電圧、I は放電電流、T<sub>p</sub> は放電電流パルス幅である。主電源 3 2 の停止後、所定の休止時間のカウントが始まり、休止時間の終了後に補助電源 3 1 が再度起動される。

第 3 図においては、補助電源 3 1 の停止を主電源 3 2 の起動と同時にやっているが、補助電源 3 1 の停止を主電源 3 2 の起動から所定の遅れ時間経過後に行ってもよい。ただし、この発明においては主電源 3 2 による高エネルギー放電電流パルス部分のパルス幅が特に短いため、補助電源 3 1 による低エネルギー放電電流パルスの停止が、主電源 3 2 による高エネルギー放電電流パルスの停止よりも遅れないように、制御手段である電源制御回路 4 2 により制御することに注意する必要がある。補助電源 3 1 による低エネルギー放電電流パルスの停止が、主電源 3 2 による高エネルギー放電電流パルスの停止より遅れた場合には、加工に寄与しない無

駄時間が増加するため、好ましくないためである。

第4図は、この発明の実施の形態1に係る放電加工用電源装置による放電電流パルス波形の説明図である。各放電電流パルスによる加工の初期段階にピーク値の低い放電電流パルスが供給され、所定時間後に実加工に寄与する放電電流パルスが供給される。なお、時間の経過に伴って変化する補助電源31による放電痕の大きさと放電エネルギー密度の大きさも図中に示している。補助電源31による放電エネルギー密度は、時間の経過と共に減少し、所定時間経過後にほぼ定常値をとることがわかる。従って、エネルギー密度が大きい状態（放電痕径が小さい状態）で主電源32を起動させた場合には、極間におけるエネルギー密度はさらに大きくなり、電極消耗が非常に大きくなるが、エネルギー密度が小さい状態（放電痕径が大きい状態）で主電源32を起動させた場合には、極間のエネルギー密度の上昇を抑えることができ、電極消耗を低減することができる。例えば、図中の破線のような放電電流を供給する場合に比べて、実線のような放電電流を供給する方が、エネルギー密度の増加を抑えることができ、従って電極消耗を低減することができる。特に、放電開始後のエネルギー密度が非常に高い領域を避けることにより、電極消耗を大幅に低減することが可能である。

第5図は、補助電源投入から主電源投入までの待ち時間を変化させた場合の電極消耗率を示したものであり、第5図の(a)は電極が銅、被加工物が超硬合金(WC-CO)である場合、第5図の(b)は電極が銅タングステン、被加工物が超硬合金(WC-CO)である場合の例を示している。待ち時間を大きくしていくと、電極消耗率が大きく低減し、ほぼ一定値に収束する時間、即ち、これ以上待ち時間を大きくしても電極消耗率がほとんど低減しない待ち時間(図中t)が存在することがわかる。従って、待ち時間をtとすることにより、加工時間の減少を抑制



して、電極消耗率を大幅に低減することができる。この待ち時間  $t$  は、第4図により説明した、補助電源31による放電エネルギー密度がほぼ定常値をとる所定時間に相当するものである。このような電極消耗率の傾向を、被加工物材料及び電極材料等の条件ごとに、例えば実験により把握しておくことにより、所期の加工速度及び電極消耗に応じた、主電源投入のタイミング（即ち、第1図における予め設定された待ち時間40）を決定することができる。

また、第4図からもわかるように、初期放電後、放電アーク柱が十分に形成され、エネルギー密度が小さい状態であれば、主電源により有消耗条件である高ピークの放電電流パルスを与えても電極消耗を大幅に低減することが可能であるため、電極消耗率が略一定値に収束する時間  $t$  経過後に、主電源により高ピークの放電電流パルスを供給することにより、電極消耗低減と加工速度の向上を両立することができる。

一般に、放電電流パルス幅（例えば第3図の  $T_p$ ）を大きくしすぎると、焼結体の性質により、加工面にクラックが生じてしまう。第6図は放電電流パルス幅  $T_p$  を変化させた場合のクラックの発生の有無の一例を示すものであり、放電電流パルスのピーク値が10A、休止時間が放電電流パルス幅  $T_p$  と同じ場合についての実験結果を示している。放電電流パルス幅  $T_p$  が所定の値以下であれば、加工面にクラックが発生しないことがわかる。この値は10  $\mu$ s 程度以下であり、被加工物材料及び電極材料等の条件ごとに、例えば実験により把握することができる。

実施の形態2.

第7図は、この発明の実施の形態2に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図である。第7図は実施の形態1における第1図の補助電源31に、抵抗47とインダクタンス素子48を付加したものである。また、第8図はこの発明の実施の形態2に係る放電加工用電源装置による放電

電流パルス波形の説明図であり、図において  $I_b$  はベース電流値、 $I_p$  は補助電源による放電電流パルスのピーク値、 $I_{pm}$  は主電源による放電電流パルスのピーク値を示している。第7図の補助電源31からの放電電流パルスは第8図の(a)のようになり、抵抗47の値によりベース電流値  $I_b$  を決定できる。ベース電流値  $I_b$  を小さくしすぎるとパルスが途中で途切れてしまいパルス割れ現象が発生するため、最適な値に設定する必要がある。また、ベース電流に到達後、インダクタンス素子48のインダクタンスの値によって、放電電流波形の立ち上がり部分に適切なスロープを付加することができる。

また、第8図の(b)に示すように、第7図のスイッチング素子34の切り替えにより、放電電流パルスに階段状のスロープを付けることも可能である。この場合、放電加工用電源装置の構成は実施の形態1における第1図と同様になる。ただし、階段状のスロープの階段の数だけ電流ピーク値を設定可能にする必要があるため、必要数の抵抗及びスイッチング素子を接続し、所定の切り替えを行いながら階段状のスロープになるように放電電流波形の制御を行う。第9図は、放電電流波形の立ち上がり部分のスロープの有無による電極消耗率の比較を示したものである。放電電流波形の立ち上がり部分にスロープを付けることにより、電極消耗率を低減することができる。

### 実施の形態3.

第10図は、この発明の実施の形態3に係る放電加工用電源装置を示す回路構成図であり、実施の形態1の第1図の設定待ち時間40に、待ち時間設定手段49を付け加えたものである。図に示すように、通常の待ち時間Aとは別に、例えば待ち時間を少なくした設定を周期的に発生させている待ち時間B及びCがあり、A～Cを選択できるものである。

また、第11図は、前記の待ち時間をA～Cに設定した場合の加工速度

- 及び電極消耗率の比較を示す図である。通常の待ち時間Aと比較して待ち時間がB又はCの場合は、電極消耗率が若干増加するが、加工速度を若干改善することができる。従って、所期の加工速度及び電極消耗率に応じて、待ち時間の周期を所定の値に設定することにより、加工特性を
- 5 加工速度重視あるいは電極低消耗重視に簡単に変更することができる。

#### 産業上の利用可能性

- 以上のように、この発明に係る放電加工用電源装置及び放電加工方法は、電極と被加工物との極間に加工電力を供給し被加工物を加工する放
- 10 電加工作業に用いられるのに適している。

15

20

25

## 請求の範囲

1. 電極と被加工物との極間に高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスの供給と休止を繰り返して、前記被加工物を加工する放電加工に用いる放電加工用電源装置において、

前記放電電流パルスの供給前に、前記極間に低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給するための補助電源と、

前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給するための主電源と、  
前記補助電源による放電発生を検出する放電検出手段と、

- 10 前記検出手段による放電発生検出後の経過時間を計測するための時間計測手段と、

前記時間計測手段による計時が電極消耗率が略一定値に収束する所定の待ち時間経過後、前記主電源により前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給させる制御手段とを備えたこと特徴とする放電加工用電源装置。

2. 請求の範囲 1 において、前記所定の待ち時間が、放電アーク柱が十分に形成されエネルギー密度が小さい状態となるために十分な時間であることを特徴とする放電加工用電源装置。

3. 請求の範囲 1 において、前記高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスが、三角波形状であることを特徴とする放電加工用電源装置。

4. 請求の範囲 1 において、前記主電源により前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給すると共に前記補助電源からのエネルギー供給を遮断する制御手段を備えたことを特徴とする放電加工用電源装置。

- 25 5. 請求の範囲 1 において、放電電流パルス幅を、予め加工条件に合わせて決定した加工面にクラックが発生しない範囲の所定の放電電流パ

ルス幅以下としたことを特徴とする放電加工用電源装置。

6. 請求の範囲1において、前記所定の待ち時間と前記所定の待ち時間と異なる時間とを所定の周期により切り替え可能な時間設定手段を備えたことを特徴とする放電加工用電源装置。

5 7. 電極と被加工物との極間に高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスの供給と休止を繰り返して、前記被加工物を加工する放電加工方法において、

前記放電電流パルスの供給前に、前記極間に低ピークの低エネルギー放電電流パルスを供給し、

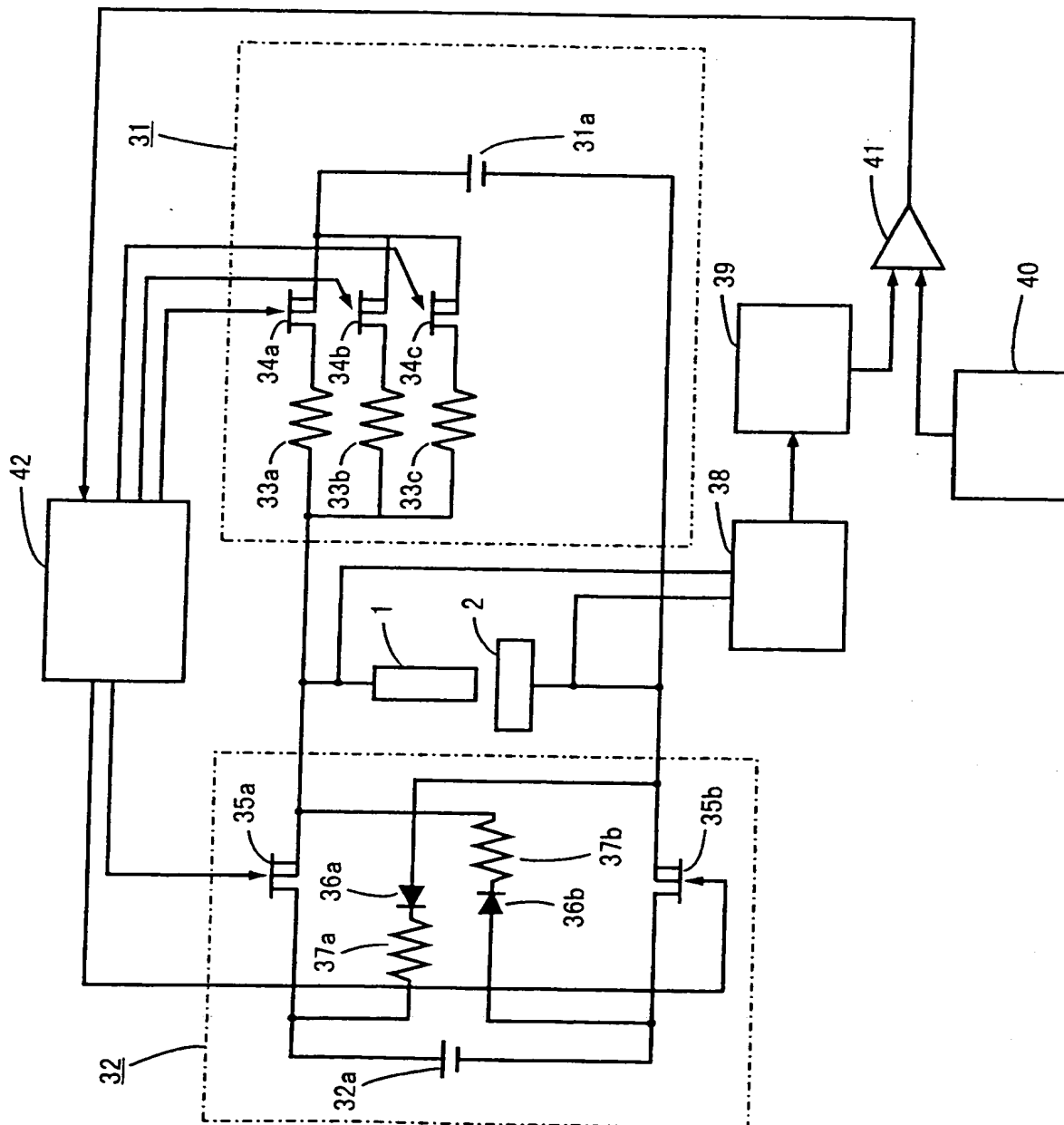
10 前記低エネルギー放電電流パルスによる放電検出後、電極消耗率が略一定値に収束する所定の待ち時間経過後、前記極間に前記高エネルギー放電電流パルスを供給することを特徴とする放電加工方法。

8. 請求の範囲7において、前記所定の待ち時間が、放電アーク柱が十分に形成されエネルギー密度が小さい状態となるために十分な時間であることを特徴とする放電加工方法。

15 9. 請求の範囲7において、前記高ピークかつ短パルス幅の高エネルギー放電電流パルスが、三角波形状であることを特徴とする放電加工方法。

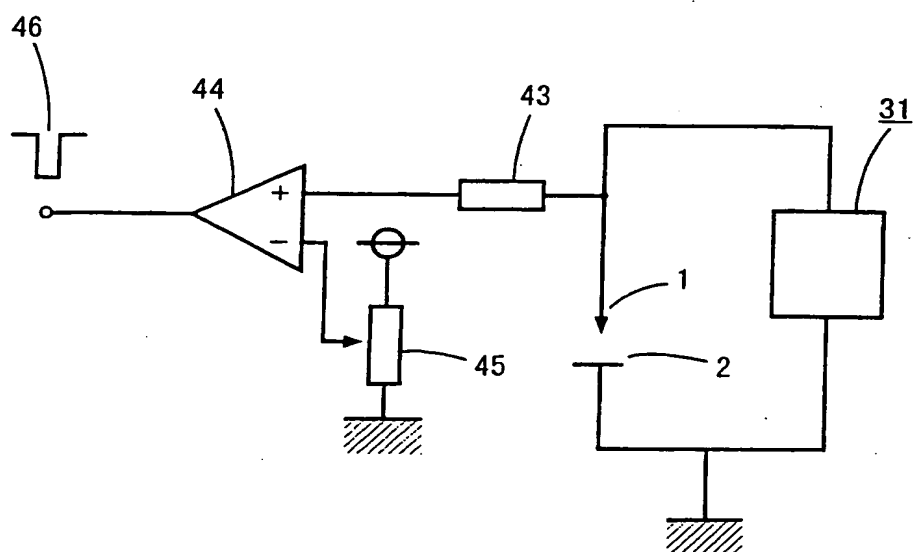
1/16

第1図



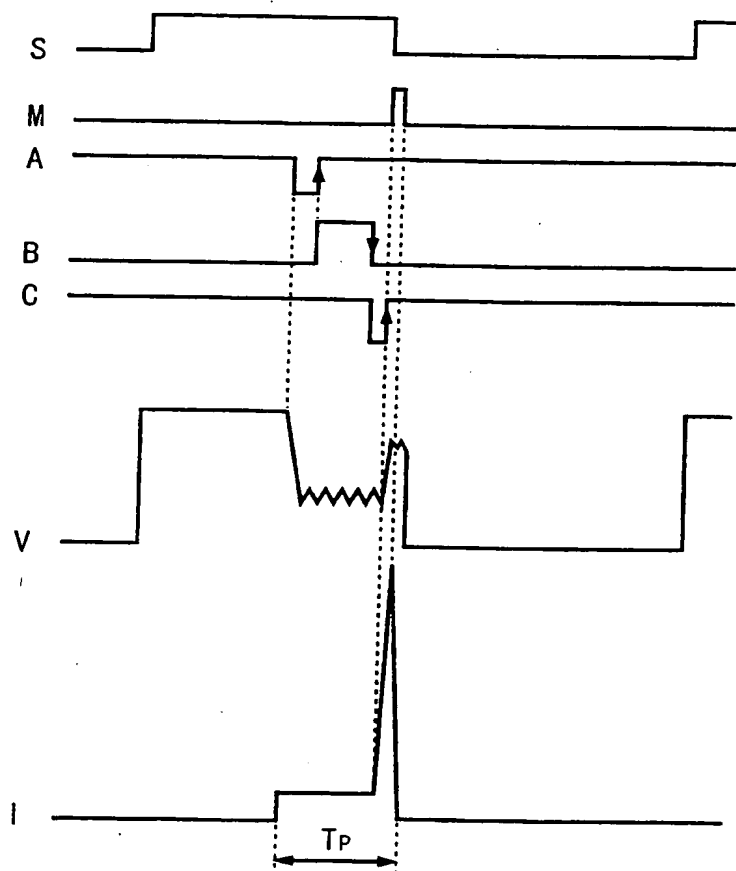
2/16

第2図



3/16

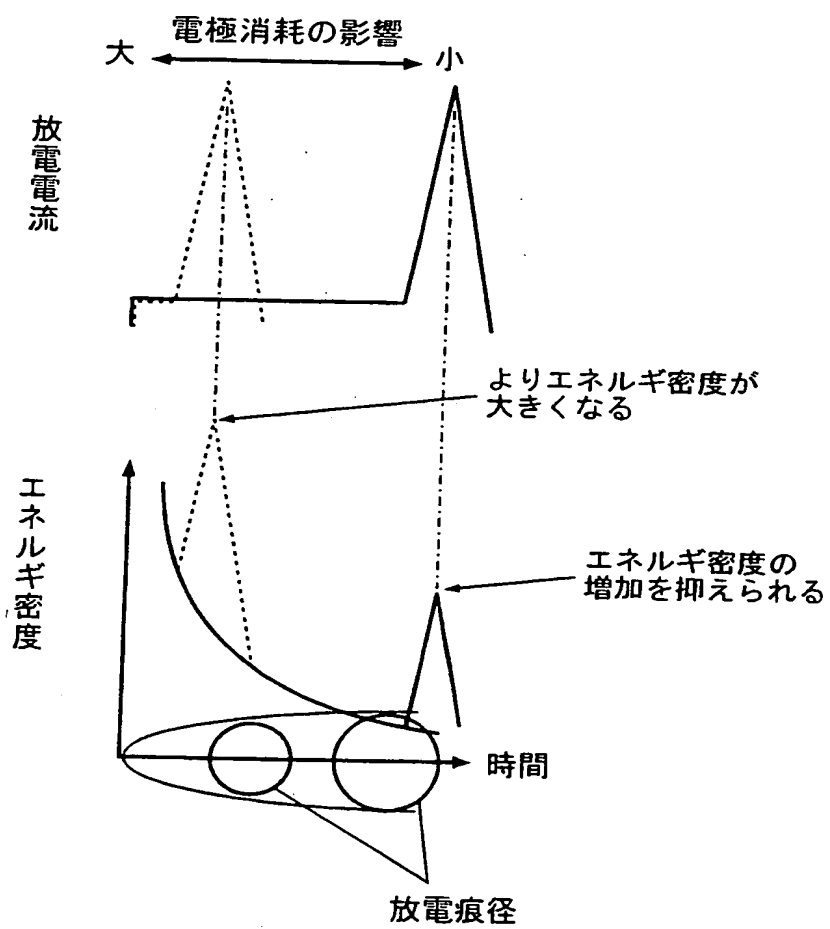
第3図





4/16

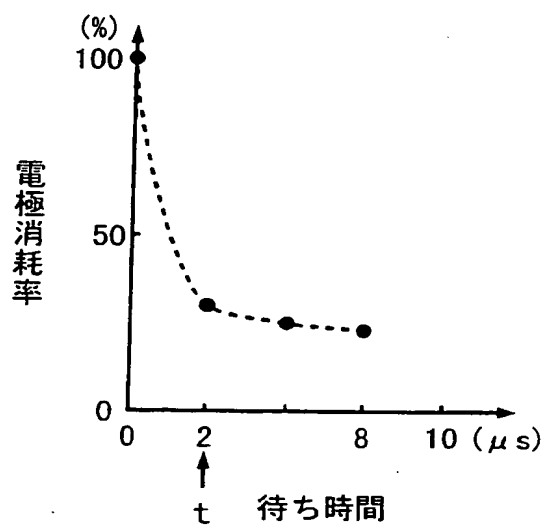
第4図



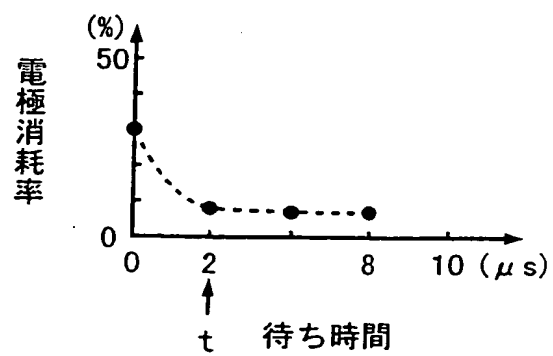
5/16

第5図

(a)



(b)



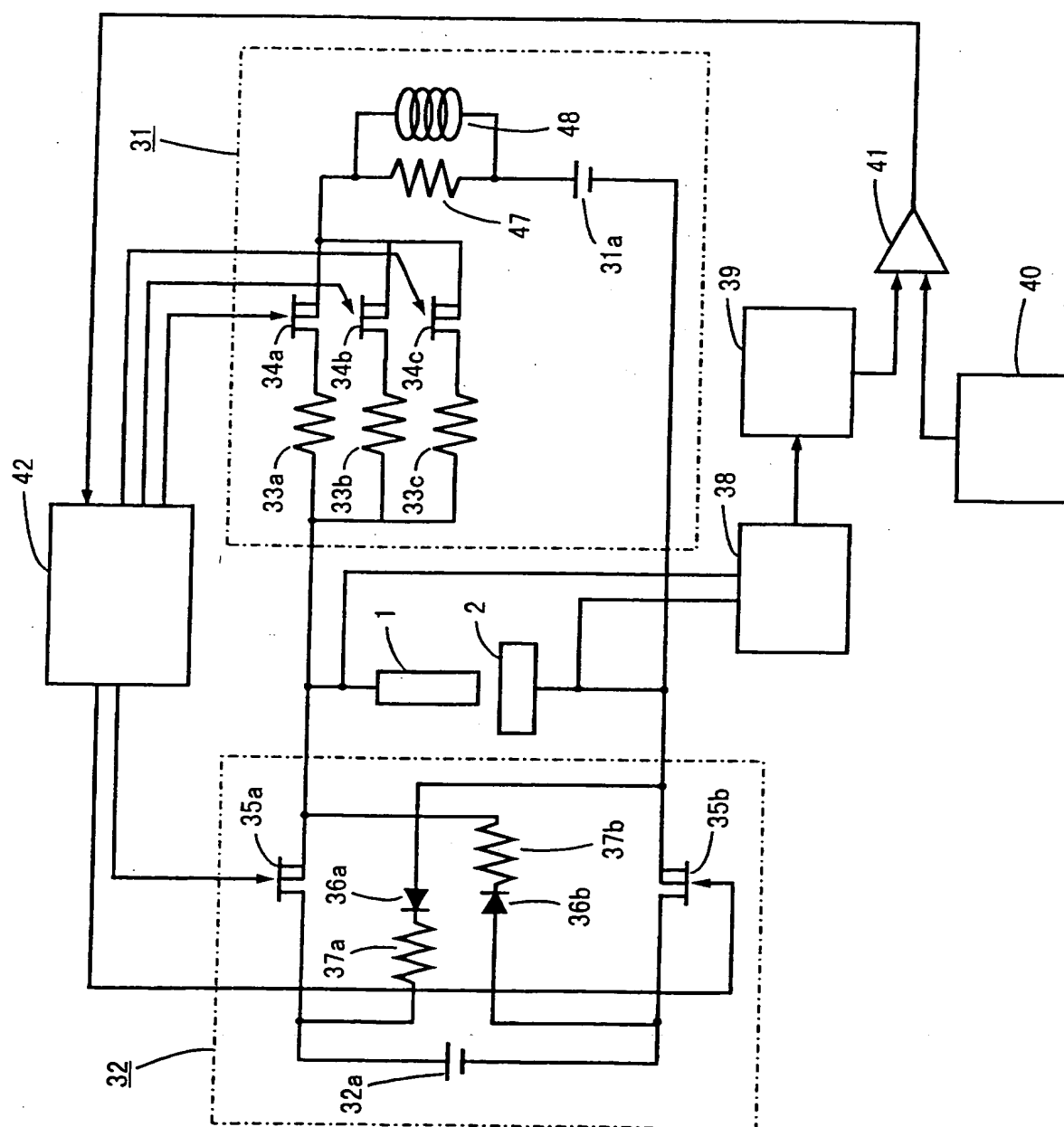
6/16

第6図

パルス幅 $T_P$ ( $\mu$ s)	4	8	16	32
クロックの有無	無	無	有	有

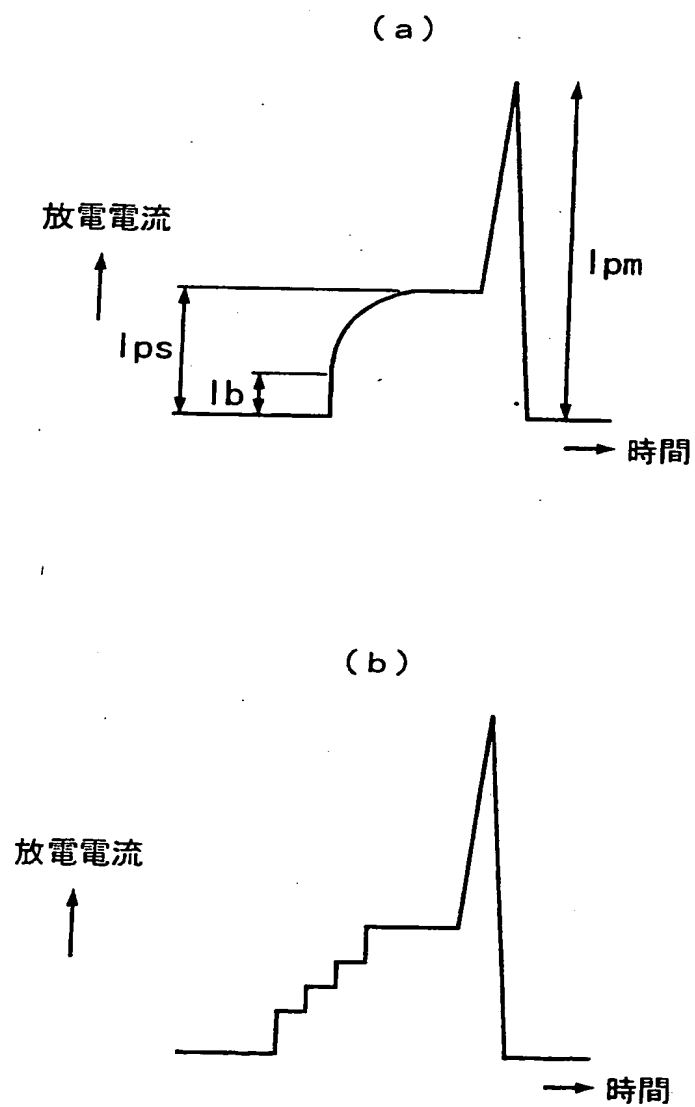
7/16

第7図



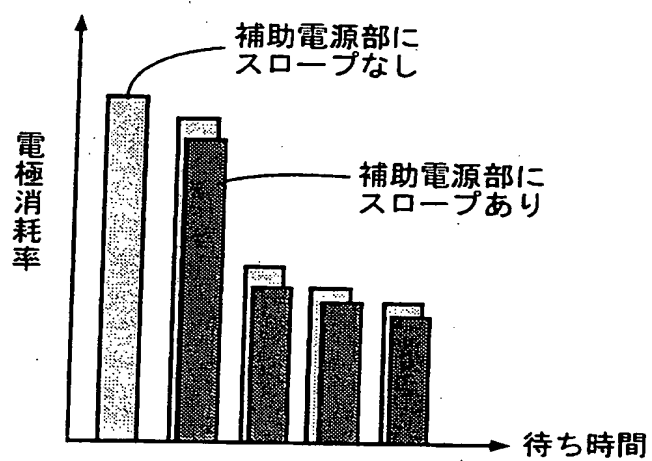
8/16

第8図

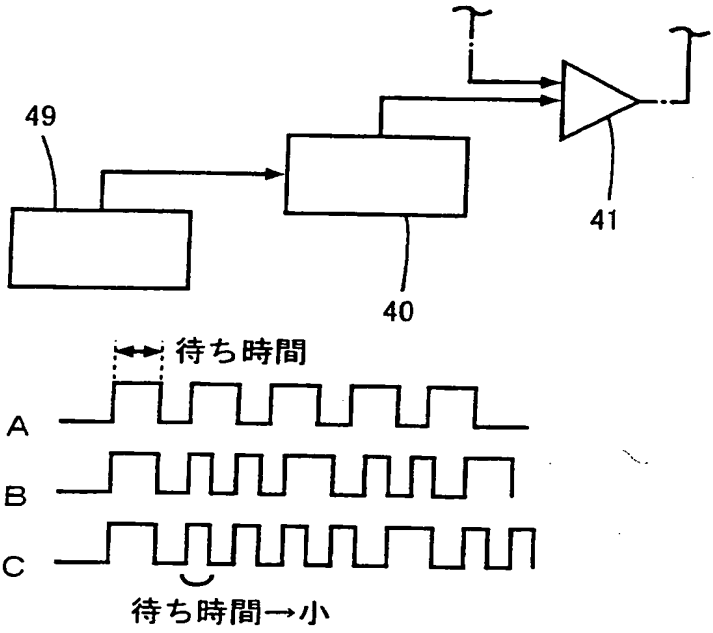


9/16

第9図

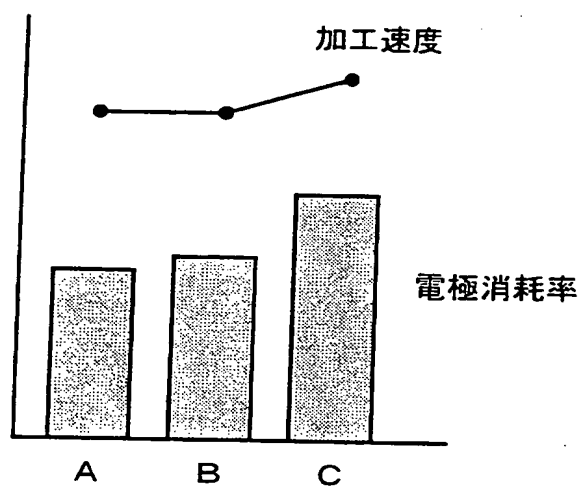


第10図



11/16

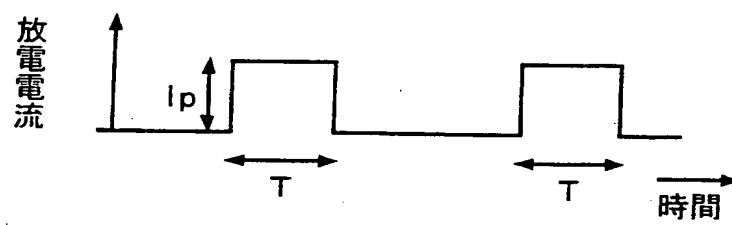
第11図





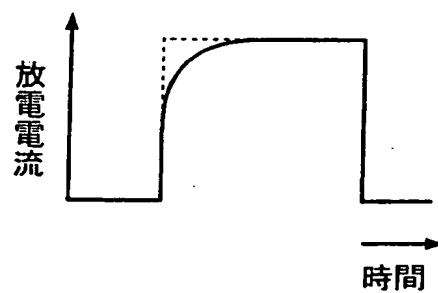
12/16

第12図



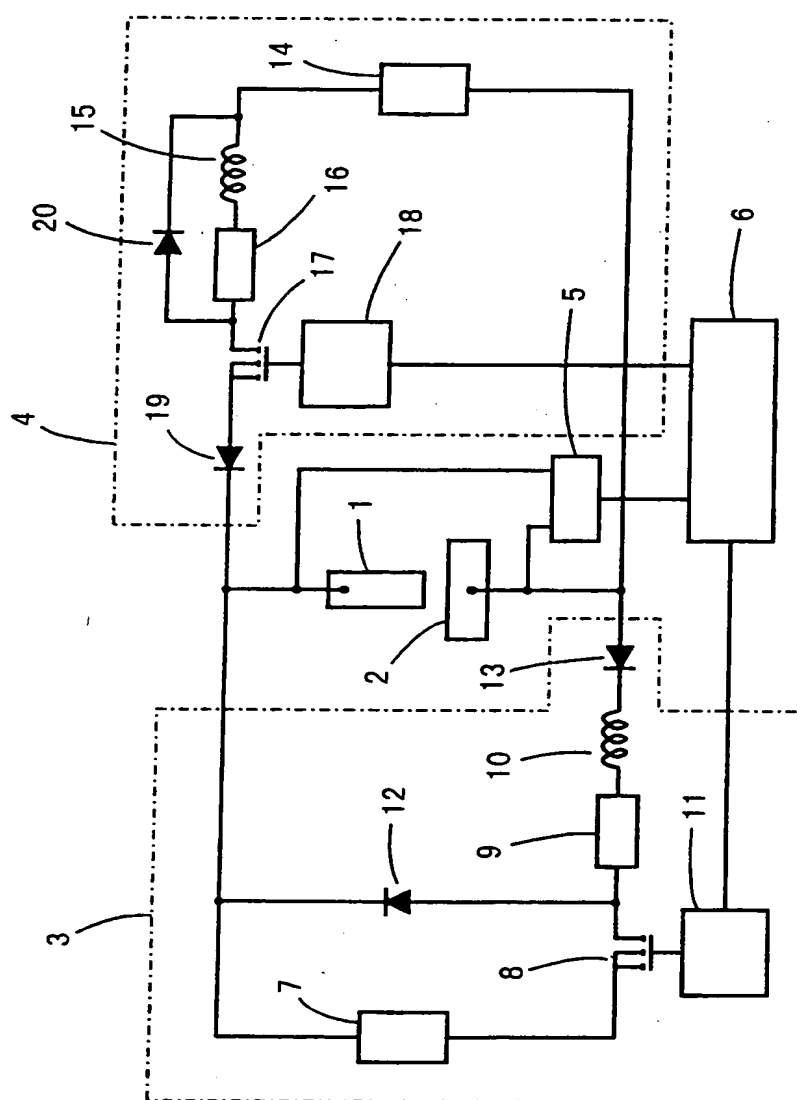
13/16

第13図



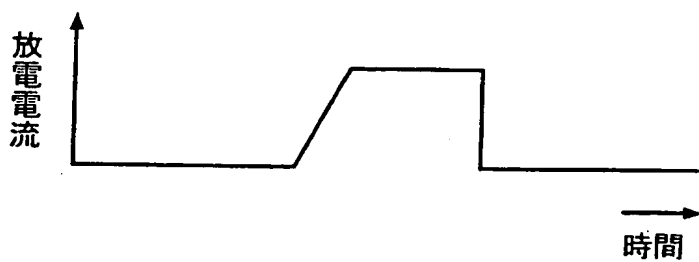
14/16

第14図



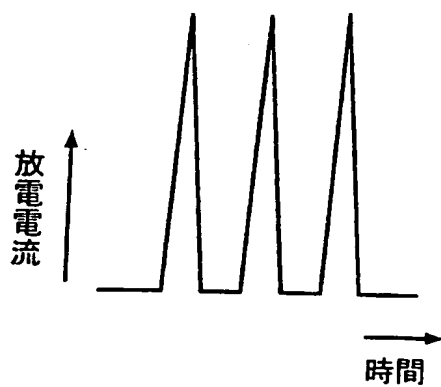
15/16

第15図



16/16

第16図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/06068

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> B23H1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B23H1/02, 7/14-7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-2000 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2000  
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2000

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 1-295716, A (Hoden Seimitsu Kako Kenkyusho Ltd.), 29 November, 1989 (29.11.89), Claims; pp.4-6; Figs. 1,2 (Family: none)	1-9
A	JP, 59-161230, A (Mitsubishi Electric Corporation), 12 September, 1984 (12.09.84), Claims; Figs. 4, 5 (Family: none)	1-9
A	US, 4788399, A (Nicolas Mironoff) 29 November, 1988 (29.11.88), Figs. 2-4,8; Abstract & EP, 187738, A & EP, 187770, A	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
18 January, 2000 (18.01.00)

Date of mailing of the international search report  
25 January, 2000 (25.01.00)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int C17 B23H1/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int C17 B23H1/02, 7/14-7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-2000年

日本国登録実用新案公報 1994-2000年

日本国公開実用新案公報 1971-2000年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P, 1-295716, A (株式会社放電精密加工研究所) 29. 11月. 1989 (29. 11. 1989), 特許請求の範囲, 第4~6頁, 第1, 2図 (ファミリーなし)	1-9
A	J P, 59-161230, A (三菱電機株式会社) 12. 9月. 1984 (12. 09. 84), 特許請求の範囲, 第4, 5図 (ファミリーなし)	1-9
A	US, 4788399, A (Nicolas Mironoff) 29. 11. 88, FIG. 2-4, 8, ABSTRACT &EP, 187738, A&EP, 187770, A	1-9

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

18. 01. 00

国際調査報告の発送日

25.01.00

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

八木 誠

3 P

9348

電話番号 03-3581-1101 内線 3364